

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

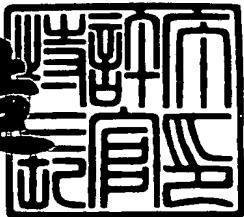
出願年月日  
Date of Application: 2000年 4月28日

出願番号  
Application Number: 特願2000-130826

出願人  
Applicant(s): セイコーインスツルメンツ株式会社

2000年12月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造  


出証番号 出証特2000-3104021

【書類名】 特許願

【整理番号】 00000279

【提出日】 平成12年 4月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 7/135

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エヌ・エス・ア  
イ・アイ・アールディセンター内

【氏名】 光岡 靖幸

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エヌ・エス・ア  
イ・アイ・アールディセンター内

【氏名】 新輪 隆

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エヌ・エス・ア  
イ・アイ・アールディセンター内

【氏名】 加藤 健二

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エヌ・エス・ア  
イ・アイ・アールディセンター内

【氏名】 大海 学

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エヌ・エス・ア  
イ・アイ・アールディセンター内

【氏名】 笠間 宣行

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エヌ・エス・ア  
イ・アイ・アールディセンター内

【氏名】 市原 進

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 服部 純一

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敬之助

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第361701号

【出願日】 平成11年12月20日

【整理番号】 99000907

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【ブルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 近視野光プローブとその製造方法およびその近視野光プローブを用いた近視野光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 近視野光を発生および／あるいは検出することで、試料の微小領域における光学情報を観察、計測あるいは試料の微小領域における加工を行うプローブであり、

片持ち梁状のカンチレバーと、

前記カンチレバーを支持する基部と、

前記カンチレバーに形成され、前記基部とは反対側の面に形成された錐状のチップと、

前記チップの先端に形成された微小開口と、

前記カンチレバーの前記基部とは反対側の面と、前記チップの前記微小開口以外の面に形成された遮光膜、からなり、

前記チップと前記カンチレバーが、前記微小開口において発生および／あるいは検出する光の波長に対して透過率の高い透明材料を用いて形成され、前記チップが前記透明材料で充填されていることを特徴とする近視野光プローブ。

【請求項2】 前記チップと前記カンチレバーが、同一の前記透明材料で形成されていることを特徴とする請求項1記載の近視野光プローブ。

【請求項3】 前記透明材料が、二酸化ケイ素であることを特徴とする請求項2記載の近視野光プローブ。

【請求項4】 前記チップと前記カンチレバーが、光学的特性が異なる前記透明材料で形成されていることを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項5】 前記チップが、円錐形状であることを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項6】 前記チップが、錐体の側面の角度が異なる複数の錐体からなることを特徴とする請求項1から5のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項7】 前記カンチレバーに、前記微小開口に入射光を集光するため

のまたは／および前記微小開口で検出した光をコリメートするためのレンズを備えている事を特徴とする請求項1から6のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項8】 前記レンズが、前記カンチレバーの前記基部側に形成されたフレネルレンズであることを特徴とする請求項7記載の近視野光プローブ。

【請求項9】 前記レンズが、前記カンチレバー内の屈折率分布を制御して形成される屈折率分布型レンズであることを特徴とする請求項7記載の近視野光プローブ。

【請求項10】 前記チップの先端が前記遮光膜の端面と略同一平面内に位置することを特徴とする請求項1から9のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項11】 前記チップの先端が、前記遮光膜の端面よりも突出しており、その突出量が、前記微小開口への入射光、または／及び、前記微小開口で検出する光の波長の半分以下であることを特徴とする請求項1から9のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項12】 前記チップの高さをH、前記カンチレバーの傾斜角度をθ1、前記チップに入射する入射光の前記カンチレバー上でのスポット径または／および前記微小開口によって検出し、検出器に入射する光の前記カンチレバー上でのスポット径をR1、前記チップの中心から前記カンチレバーの自由端までの距離をL1としたとき、

$$R1 < L1 < H / \tan \theta 1$$

を満たすL1を有することを特徴とする近視野光プローブ。

【請求項13】 前記カンチレバーの先端が、前記チップ側から前記基部側に広がるような傾斜部を有していることを特徴とする請求項1から12のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項14】 前記カンチレバーの側面が、前記チップ側から前記基部側に広がるような傾斜部を有していることを特徴とする請求項1から13のいずれ

か一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項15】 前記カンチレバーの先端に、前記基部側に突出するように形成された薄板状の連結部が形成され、前記連結部から前記カンチレバーと略平行に伸びる薄板状のひさし部が形成されている事を特徴とする請求項1から14のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項16】 前記近視野光プローブの製造工程において、前記カンチレバーの外形形成工程が、前記テーパー形状を形成するための等方性エッチングを含む事を特徴とする前記近視野光プローブの製造方法。

【請求項17】 前記近視野光プローブの製造工程において、前記連結部および前記ひさし部の形成工程が、基板に段差を形成する工程と、前記基板に前記透明材料を堆積する工程を含む事を特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項18】 請求項1から請求項15のいずれかに記載の近視野光プローブを用いる近視野光装置において、

前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、

前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、

前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構を有し

前記検出手段が光てこ法を用い、

前記導入／検出光学系のレンズと前記検出手段のミラーとが一体化していることを特徴とする近視野光装置。

【請求項19】 請求項1から請求項15のいずれかに記載の近視野光プローブを用いる近視野光装置において、

前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、

前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、

前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構を有し

前記検出手段が、前記カンチレバーと略垂直な面内に光源と光検出器を有する

ことを特徴とする近視野光装置。

【請求項20】 前記光検出器が、前記光源から出射した光の前記カンチレバーでの反射光を検出することを特徴とする請求項19に記載の近視野光装置。

【請求項21】 前記光検出器が、前記光源から出射した光の前記カンチレバーでの回折光を検出することを特徴とする請求項19に記載の近視野光装置。

【請求項22】 請求項1から請求項15のいずれかに記載の近視野光プローブを用いる近視野光装置において、

前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、

前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、

前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構を有し

前記検出手段が、前記カンチレバーに接近して配置された光ファイバーと前記カンチレバー間での干渉を検出することを特徴とする近視野光装置。

【請求項23】 請求項1から請求項15のいずれかに記載の近視野光プローブを用いる近視野光装置において、

前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、

前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、

前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構を有し

前記検出手段が、前記近視野光プローブに設けられたカンチレバーの変位検出手段であることを特徴とする近視野光装置。

【請求項24】 請求項1から請求項15のいずれかに記載の近視野光プローブを用いる近視野光装置において、

前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、

前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、

前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構を有し

前記導入／検出光学系が、先端にレンズ機能を設けた光ファイバーを有することを特徴とする近視野光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、試料の微細領域における光学特性を観察、計測、加工する近視野光プローブとその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

現在、走査型近視野顕微鏡（以下、SNOMと略す）では、先鋭化された先端に微小開口を有する光媒体をプローブとして用い、先端および微小開口を光の波長以下まで測定試料に近づけることで、試料の光学特性や形状を高分解能で測定している。この装置では、試料に対して垂直に保持した直線状の光ファイバープローブの先端を、試料表面に対して水平に振動させ、試料表面とプローブ先端のせん断力によって生じる振動振幅の変化の検出を、プローブ先端にレーザ光を照射し、その影の変化を検出することによって行い、振幅が一定になるように試料を微動機構で動かすことによって、プローブ先端と試料表面の間隔を一定に保ち、微動機構に入力した信号強度から表面形状を検出するとともに試料の光学特性の測定を行う装置が提案されている。

【0003】

また、鉤状に成形した光ファイバープローブを原子間力顕微鏡（以下AFMと略す）のカンチレバーとして使用し、AFM動作すると同時に、光ファイバープローブの先端から試料にレーザ光を照射し、表面形状を検出するとともに試料の光学特性の測定を行う走査型近視野原子間力顕微鏡が提案されている（平7-174542）。図16は、従来例の光ファイバープローブを示す構成図である。この光ファイバープローブは、光ファイバー501が用いられ、光ファイバー501の周囲は金属膜被覆502で覆われている。また、探針部503が先鋭化されており、探針部503の先端に開口504を有する。

## 【0004】

一方、微細領域の形状観察手段として利用されているAFMでは、シリコンプロセスで製造されたシリコンや窒化シリコンのマイクロカンチレバーが広く利用されている。AFMで使用されるマイクロカンチレバーは共振周波数が高く、量産性が良く形状のばらつきが少ないため、バネ定数や共振周波数などの機械的特性が均一であるといった特徴を有している。AFMで使用されるマイクロカンチレバーのチップ先端に微小開口を形成することによって、図17に示すように、チップ505、レバー506、基部507、微小開口508および遮光膜509からなるSNOM用プローブが知られている (S. Munster et. al. , *Novel micromachined cantilever sensors for scanning near-field optical microscopy*, *Journal of Microscopy*, vol.186, pp17-22, 1997)。ここでチップ505およびレバー506は、窒化珪素やシリコンで形成されている。このSNOM用プローブに図17中Lightで示されるように光を入射することによって、微小開口508から近視野光を照射することができる。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図16に示す光ファイバープローブは、一本ずつ手作りで作製されるため、量産性が悪い。また、光ファイバー501を光伝搬体として用いているため、波長による伝搬特性の差が大きく、分光分析に用いることが困難である。

## 【0006】

また、図17に示すSNOM用プローブは、シリコンプロセスによって、大量生産が容易であるが、チップ部分の窪みに空気中の埃をはじめとする異物が侵入しやすいため、微小開口から照射される近視野光の強度が安定しない問題があった。また、チップの位置が、カンチレバーの先端に形成されている場合、微小開口に光を導入する際に、入射光のスポットがカンチレバーからはみ出してしまい、また、試料からの光信号を微小開口によって検出する際には、チップ先端部分以外の光信号を検出してしまう。したがって、SNOMの光像のS/N比が悪くなるという問題があった。

## 【0007】

また、シリコンの異方性エッティングによって形成したモールドを用いてチップを形成するため、チップ先端の先端角が約70°と固定されてしまうため、微小開口から照射される近視野光の強度を大きくできないといった問題がある。また、レバー506やチップ505の構造材料は、入射光や微小開口で検出した光の波長に対する反射率が小さく、図17に示すSNOM用プローブは、それらの構造材料が光路中にある。したがって、入射光や検出光の強度が構造材料上で反射することによって減衰し、微小開口508から照射される近視野光および微小開口508で検出した光の強度が小さくなってしまう。

## 【0008】

そこで、この発明は、上記に鑑みてなされたものであって、微小開口から光を照射および／または検出するSNOM用光カンチレバーであって、量産性、均一性に優れており、チップ部分に異物が侵入せずに安定した近視野光の強度が得られ、漏れ光を遮断して光像のS/N比を向上させ、大きな近視野光強度を得ることができる近視野光プローブとその製造方法を提供することを目的とする。

## 【0009】

## 【課題を解決するための手段】

そこで、本発明では、近視野光を発生および／あるいは検出することで、試料の微小領域における光学情報を観察、計測する近視野光プローブにおいて、片持ち梁状のカンチレバーと、前記カンチレバーを支持する基部と、前記カンチレバーに形成され、前記基部とは反対側の面に形成された錐状のチップと、前記チップの先端に形成された微小開口と、前記カンチレバーの前記基部とは反対側の面と、前記チップの前記微小開口以外の部分に形成された遮光膜からなり、前記チップと前記カンチレバーが、前記微小開口において発生および／あるいは検出する光の波長に対して透過率の高い透明材料を用いて形成され、前記チップが前記透明材料で充填されている構成とする。

## 【0010】

したがって、本発明の近視野光プローブは、前記微小開口に光を導入することによって試料に対して近視野光を照射すること、または／および、前記微小開口

によって試料の微小領域における光学情報を検出することが可能である。また、前記チップが前記透明材料で充填されているため、前記チップに異物が侵入することができないため、安定した強度をもつ近視野光の照射または／及び検出を行うことができる。さらに、前記透明体の屈折率は、空気の屈折率よりも大きいため、前記微小開口を透過する近視野光の光量を多くすることができる。

#### 【0011】

また、前記チップと前記カンチレバーが、同一の前記透明材料で形成されている構成とする。したがって、前記チップと前記カンチレバーの界面における反射がないため、効率よく微小開口への光入射や微小開口からの光情報の検出を行うことができる。また、製造工程において一度に前記透明材料を形成することができるため、製造方法が容易になる。さらに、前記透明材料が、二酸化ケイ素である構成とする。二酸化ケイ素は、可視光領域において透過率が高い材料の一つであるため、効率よく近視野光を発生したり検出することができる。また、二酸化ケイ素は、シリコンプロセスにおいて一般的に使用される材料であるため、形状制御性が良く、かつ、量産性が良い。

#### 【0012】

また、前記チップと前記カンチレバーが、光学的特性が異なる前記透明材料で形成されている構成とする。したがって、たとえば前記カンチレバーを二酸化ケイ素で形成し、前記チップをダイヤモンドで形成すると、二酸化ケイ素の加工性の良さにより、前記カンチレバーの共振周波数などの機械的特性を精度よく制御でき、かつ、ダイヤモンドの耐摩耗性の良さによって前記チップの耐摩耗性を向上させることができる。さらに、前記透明材料において、ダイヤモンドは透過率が高く、屈折率が非常に大きな材料の一つであり、前記微小開口を透過する近視野光の光量を多くすることができる。

#### 【0013】

また、前記チップが、円錐形状である構成とする。したがって、前記微小開口の外形が円となり、入射光の偏光特性を制御することにより、任意の偏光特性をもつ近視野光を前記微小開口から照射することができる。

#### 【0014】

また、前記チップが、錐体の側面の角度が異なる複数の錐体からなる構成とする。したがって、前記チップの先端角を小さくし、チップの途中までのテーパー角を大きくすることによって、凹凸像と光像の高分解能化と近視野光の高発生効率を同時に満たす前記近視野光プローブを提供することができる。同様に、前記微小開口によって試料の微小領域における光学情報を検出するコレクションモードにおいても、検出効率を向上させることが可能である。

#### 【0015】

前記カンチレバーに、前記微小開口に入射光を集光するためのまたは／および前記微小開口で検出した光をコリメートするためのレンズを備えている構成とし、前記レンズが、前記カンチレバーの前記基部側に形成されたフレネルレンズや前記カンチレバー内の屈折率分布を制御して形成される屈折率分布型レンズである構成とする。したがって、前記微小開口に入射する光量を大きくする事ができるため、前記微小開口から照射される近視野光の強度を大きくすることができる。また、前記微小開口によって検出された光をコリメートし、集光レンズによって検出器に導くことによって、試料の光学情報を効率よく検出することができる。

#### 【0016】

また、前記チップの先端が前記遮光膜の端面と略同一平面内に位置する構成とする。したがって、前記微小開口と試料の距離を非常に短くすることができるため、前記微小開口から照射または／および前記微小開口によって検出される近視野光を効率よく伝搬光に変換することができ、光学像のS／N比を向上させることができる。また、光学像の分解能が向上する。

#### 【0017】

また、前記チップの先端が、前記遮光膜の端面よりも突出しており、その突出量が、前記微小開口への入射光、または／及び、前記微小開口で検出した光の波長の半分以下である構成とする。したがって、前記チップの先端半径が小さいため、走査型プローブ顕微鏡の凹凸像や光像の解像度を向上させることができる。さらに、前記チップの先端と前記微小開口の中心位置が一致するため、凹凸像と光像の位置ずれ非常に小さい。

## 【0018】

また、前記チップの高さをH、前記カンチレバーの傾斜角度を $\theta_1$ 、前記チップに入射する入射光の前記カンチレバー上でのスポット径または／および前記微小開口によって検出し、検出器に入射する光の前記カンチレバー上でのスポット径をR1、前記チップの中心から前記カンチレバーの自由端までの距離をL1としたとき、

## 【0019】

## 【数1】

$$R1 < L1 < H / \tan \theta_1$$

を満たすL1を有する構成とする。また、前記カンチレバーの先端が、前記チップ側から前記基部側に広がるような傾斜部を有している構成とする。また、前記カンチレバーの側面が、前記チップ側から前記基部側に広がるような傾斜部を有している構成とする。さらに、前記カンチレバーの先端に、前記基部側に突出するように形成された薄板状の連結部が形成され、前記連結部から前記カンチレバーと略平行に伸びる薄板状のひさし部が形成されている構成とする。

## 【0020】

したがって、前記チップの先端が試料に近接し、かつ、入射光、または／および、前記微小開口で検出した光以外を完全に遮光することができるため、凹凸像と光像を安定して取得することができる。

## 【0021】

また、前記近視野光プローブは、シリコンプロセスを用いて作製できるため、量産性が高く、形状再現性もよい。また、前記近視野光プローブの製造工程が、前記カンチレバーの外形形成する工程が、前記テーパー形状を形成するための等方性エッティングを含む工程とする。また、前記近視野光プローブの製造工程が、前記連結部および前記ひさし部の形成工程が、基板に段差を形成する工程と、前記基板に前記透明材料を堆積する工程を含む工程とする。したがって、前記近視野光プローブを容易に製造できる。

## 【0022】

また、前記近視野光プローブを用いる近視野光装置において、前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構を有し、前記検出手段が光てこ法を用い、前記導入／検出光学系のレンズと前記検出手段のミラーとが一体化している構成とする。

#### 【0023】

また、前記近視野光プローブを用いる近視野光装置において、前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構を有し、前記検出手段が、前記カンチレバーと略垂直な面内に光源と光検出器を有する構成とする。

#### 【0024】

また、前記光検出器が、前記光源から出射した光の前記カンチレバーでの反射光を検出する構成とする。

#### 【0025】

また、前記光検出器が、前記光源から出射した光の前記カンチレバーでの回折光を検出する構成とする。

#### 【0026】

従って、前記検出手段と前記導入／検出光学系とが干渉することなく、大きなNAを有する導入／検出光学系を用いることができるため、微小開口から光強度の大きな近視野光を出射することや、逆に、微小開口からの光を効率よく検出することが可能となる。

#### 【0027】

また、前記近視野光プローブを用いる近視野光装置において、前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構を有し、前記検出手段が、前記カンチレバーに接近して配置された光ファイバーと前記カンチレバー間での干渉を検出

する構成とする。

【0028】

また、前記近視野光プローブを用いる近視野光装置において、前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構を有し、前記検出手段が、前記近視野光プローブに設けられたカンチレバーの変位検出手段である構成とする。

【0029】

従って、前記検出手段と前記導入／検出光学系とが干渉することなく、大きなNAを有する導入／検出光学系を用いることができるため、微小開口から光強度の大きな近視野光を出射することや、逆に、微小開口からの光を効率よく検出することが可能となる。その上、前記検出手段が小型軽量であるため、前記近視野光プローブを前記微動機構で高速に動かすことが可能となる。

【0030】

また、前記近視野光プローブを用いる近視野光装置において、前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構を有し、前記導入／検出光学系が、先端にレンズ機能を設けた光ファイバーを有する構成とする。

【0031】

従って、前記検出手段と前記導入／検出光学系とが干渉することなく、微小開口から光強度の大きな近視野光を出射することや、逆に、微小開口からの光を効率よく検出することが可能となる。その上、導入／検出光学系が非常に小型軽量であるため、前記近視野光プローブを前記微動機構で高速に動かすことが可能となる。

【0032】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の近視野光デバイスとその製造方法について、添付の図面を参照して詳細に説明する。

## (実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る近視野光プローブ1000の概略図である。近視野光プローブ1000は、チップ1、レバー2、基部3、遮光膜4、および微小開口5からなる。錐状のチップ1および薄板の片持ち梁であるレバー2は、一体に形成されており、チップ1は、基部3から真っ直ぐに突き出たレバー2上に基部3とは反対側の面に形成される。遮光膜4は、レバー2の基部3とは反対の面とチップ1の表面に形成される。レバー2の基部3とは反対の面すべてに遮光膜4を形成する必要は無いが、その方が好ましい。微小開口5は、チップ1の遮光膜4が無い部分である。チップ1の頂点は、遮光膜4の端面よりも突出している。また、チップ1の先端は、遮光膜4の端面と同一平面内に位置しても良い。近視野光プローブ1000に外部から入射光999を導入することによって、近視野光プローブ1000は、微小開口5から近視野光を照射することができる。また、微小開口5によって、試料の光情報を検出することも可能である。さらに、微小開口5からの近視野光照射と微小開口での試料の光情報の検出を同時に行うことも可能である。

## 【0033】

チップ1およびレバー2は、走査型近視野顕微鏡で用いられる入射光999の波長に対して透明な材料で形成される。入射光999の波長が可視領域の場合、二酸化珪素やダイヤモンドなどの誘電体や、ポリイミドをはじめとするポリマーがある。また、入射光999の波長が紫外領域では、チップ1およびレバー2の材料として、二フッ化マグネシウムや二酸化珪素などの誘電体がある。また、入射光999の波長が赤外領域の場合、チップ1およびレバー2の材料として、ジンクセレンやシリコンなどがある。基部3の材料は、シリコンや二酸化珪素などの誘電体や、アルミニウムやチタンなどの金属である。遮光膜4の材料は、アルミニウムや金などの入射光999、または/および、微小開口5によって検出した光の波長に対する遮光率の高い材料で形成される。

## 【0034】

チップ1の高さは、数 $\mu\text{m}$ ~10数 $\mu\text{m}$ である。レバー2の長さは、数10 $\mu\text{m}$ から数1000 $\mu\text{m}$ である。また、レバー2の厚みは、数 $\mu\text{m}$ 程度である。遮

光膜4の厚さは、遮光率によって異なるが、数10nmから数100nmである。図1中下面からみた微小開口5の大きさおよび形状は、直径が入射光999、または/および、微小開口5によって検出した光の波長以下の円、または、その円に内接する多角形である。

## 【0035】

図2は、近視野光プローブ1000のチップ1の近傍が試料6に近接した状態を示した側面図である。なお、簡単のため遮光膜4は省略している。近視野光プローブ1000は、角度θ1だけ傾いた状態で、試料6に近接している。ここで、チップ1の高さをH、チップ1の先端からレバー2の先端までの距離をL1とすると、

## 【0036】

## 【数2】

$$L1 = H / \tan \theta 1 \quad \dots (1)$$

の時に、チップ1とレバー2の先端が同時に試料6に接触するため、走査型プローブ顕微鏡用のプローブとして使用することができない。従って、近視野光プローブ1000は、

## 【0037】

## 【数3】

$$L1 < H / \tan \theta 1 \quad \dots (2)$$

を満たさなければならない。入射光999を近視野光プローブ1000に入射する際に、光信号のS/N比を向上させるためには、入射光999のレバー2上のスポットの半径をR1とすると、

## 【0038】

## 【数4】

$$R1 < L1 \quad \dots (3)$$

を満たす遮光領域を設けなければならない。従って、L1は、

【0039】

【数5】

$$R_1 < L_1 < H / \tan \theta_1 \dots (4)$$

を満たさなければならない。

【0040】

図3は、本発明の実施の形態1に関する近視野光プローブ1000を搭載した走査型プローブ顕微鏡20000を示す構成図である。ここでは簡単のため、近視野光プローブ1000をコンタクトモードで制御する場合について説明する。この走査型プローブ顕微鏡20000は、図1に示した近視野光プローブ1000と、光情報測定用の光源601と、光源601の前面に配置したレンズ602と、レンズ602で集光した光を近視野光プローブ1000まで伝搬する光ファイバ603と、試料610の下方に配置されチップ10の先端で発生した伝搬光を反射するプリズム611と、プリズム611で反射した伝搬光を集光するレンズ614と、集光した伝搬光を受光する光検出部609と、を備えている。

【0041】

また、近視野光プローブ1000の上方には、レーザ光を出力するレーザ発振器604と、近視野光プローブ1000のレバー2と遮光膜4の界面で反射したレーザ光を反射するミラー605と、反射したレーザ光を受光して光電変換する上下2分割した光電変換部606と、を備えている。さらに、試料610およびプリズム611をXYZ方向に移動制御する粗動機構613および微動機構612と、これら粗動機構613および微動機構612を駆動するサーボ機構607と、装置全体の制御をするコンピュータ608とを備えている。

【0042】

つぎに、この走査型プローブ顕微鏡20000の動作について説明する。レーザ発振器604から放出したレーザ光は、近視野光プローブ1000のレバー2と遮光膜4の界面で反射する。近視野光プローブ1000のレバー2は微小開口5と試料610の表面が接近すると、試料610との間の引力または斥力によつてたわむ。このため、反射したレーザ光の光路が変化するため、これを光電変換

部606で検出する。

【0043】

光電変換部606により検出した信号は、サーボ機構607に送られる。サーボ機構607は、光電変換部606で検出した信号に基づいて、試料610に対する近視野光プローブ1000のアプローチや、表面の観察の際に、近視野光プローブ1000のたわみが一定となるように、粗動機構613および微動機構612を制御する。コンピュータ608は、サーボ機構607の制御信号から表面形状の情報を受け取る。

【0044】

また、光源601から放出された光は、レンズ602により集光され、光ファイバ603に至る。光ファイバ603内を伝搬した光は、近視野光プローブ1000のチップ1にレバー2を通して導入され、微小開口5から試料610に照射される。一方、プリズム611により反射した試料610の光学的情報は、レンズ614により集光され、光検出部609に導入される。光検出部609の信号は、コンピュータ608のアナログ入力インターフェースを介して取得され、コンピュータ608により光学的情報として検出される。なお、チップ1への光入射方法は、光ファイバ603を用いずに、光源601から放出された光をレンズによって直接チップ1上へ集光して入射光を導入する方法でも良い。

【0045】

また、図2では、近視野光プローブ1000に光を入射し、微小開口5から試料に近視野光を照射するイルミネーションモードについて説明したが、試料6の表面に発生した近視野光を微小開口5によって検出するコレクションモードにおいても、近視野光プローブ1000を用いることができる。また、イルミネーションモードとコレクションモードを同時に行う観察方法においても、近視野光プローブ1000を用いることは、言うまでもない。さらに、図2では、試料6を透過した光を検出する透過モードについて説明したが、試料6で反射した光を検出する反射モードにおいても近視野光プローブ1000を用いることができる。また、近視野光プローブ1000をバイモルフなどで加振することによって、レバー2を振動させ、チップ1と試料6との間に働く斥力や引力によっ

て生じる、レバー2の振幅の変化や、レバー2の振動の周波数変化を一定に保つようにチップ1と試料6との距離を制御するダイナミックフォースモードでも近視野光プローブ1000を用いる事ができるのは言うまでもない。

#### 【0046】

以上説明したように、本発明の実施の形態1による近視野光プローブ1000によれば、微小開口5の上部が透明体で充填された構造であるため、微小開口5に異物が侵入することがない。したがって、近視野光プローブ1000から発生する近視野光の強度が安定する。また、走査型近視野顕微鏡で用いられる光源の波長に対して透明な材料によって充填されたチップ1によって、チップ1の耐衝撃性や、耐摩耗性が向上する。

#### 【0047】

また、チップ1を構成する材料の屈折率は、空気よりも大きいため、チップ1内を伝搬する光の波長が空气中よりも短くなる。

したがって、空气中を伝搬して微小開口5を透過する場合よりも、微小開口5を透過する光量が多くなるため、微小開口5から照射される近視野光の強度を大きくすることができる。

#### 【0048】

また、チップ1の先端が遮光膜4の端面よりも突出した構造である場合、チップ1の先端半径が小さいため、走査型プローブ顕微鏡の凹凸像や光像の解像度を向上させることができる。さらに、チップ1の先端と微小開口5の中心位置が一致するため、凹凸像と光像の位置ずれ非常に小さい。

#### 【0049】

また、L1が、(4)式を満たすことによって、チップ1の先端が試料に近接し、かつ、入射光999を完全に遮光することができるため、凹凸像と光像を安定して取得することができる。また、走査型近視野顕微鏡1000に光を入射するためのレンズのNAを大きくしても、レバー2が透明体であるため、チップ1に入射する光のケラレがないため、効率良く微小開口5まで入射光を導くことができ、微小開口5から照射される近視野光の発生効率を大きくすることができる。

## 【0050】

また、レンズによって集光され透明体であるレバー2およびチップ1を伝搬して微小開口5から近視野光を発生させる近視野光プローブ1000は、入射光の波長に対して透過率の高い波長領域が広い。したがって、分光分析などの応用分野に走査型プローブ顕微鏡20000を使用することができる。

## 【0051】

また、強度の大きな近視野光を発生させることができるために、フォトリソグラフィー、光造形、光CVD、熱的加工などに必要なエネルギー密度を持つ近視野光を照射することができ、光加工装置として走査型プローブ顕微鏡20000を用いることができ、同時に、凹凸像の分解能の高い近視野光プローブ1000を用いて加工形状の観察を行うことができる。分光分析や加工装置としての走査型プローブ顕微鏡20000は、近視野光プローブ1000から発生する近視野光の強度が大きいため、分析や加工にかかる時間を短くすることができる。また、近視野光プローブ1000をマルチカンチレバーにすることによって、大面積を短時間で分析、加工することができる。

## 【0052】

図4から図5は、本発明の実施の形態1の近視野光プローブ1000の製造方法を説明した図である。

## 【0053】

図4 (a) は、基板102上にチップ1およびレバー2となる透明体101を堆積した状態を示している。なお、以下では、図の上部をおもて面、下部を裏面と呼ぶ。裏面にマスク材103を有する基板102上に、プラズマCVDやスパッタなどによって、透明体101を堆積する。透明体101の堆積量は、チップ1の高さとレバー2の厚みの和程度、あるいは若干厚めである。

## 【0054】

透明体101を堆積した後、図4 (b) に示すように、透明体101上に、チップ用マスク104をフォトリソグラフィーをはじめとする方法で形成する。チップ用マスク104は、フォトレジストやポリイミドなどの誘電体である。

## 【0055】

チップ用マスク104を形成した後、ウェットエッティングやドライエッティングなどの等方性エッティングによって、図4(c)に示すようにチップ1を形成する。

【0056】

チップ1を形成した後、図5(a)に示すように、透明体101上にレバー用マスク105を形成する。

【0057】

レバー用マスク105を形成した後、図5(b)に示すように、リアクティブイオンエッティング(RIE)をはじめとする異方性ドライエッティングによって、レバー2を形成する。

【0058】

レバー2を形成した後、フォトリソグラフィーによって、マスク材103をパターニングする。その後、水酸化テトラメチルアンモニウム(TMAH)や水酸化カリウム(KOH)による結晶異方性エッティングや、異方性ドライエッティングなどによって、図5(c)に示すように、レバー2のリリースと基部3の形成を行う。

【0059】

最後に、遮光膜4をおもて面に堆積し、遮光膜4の不要な部分を集束イオンビームや観察時にチップ1を試料に押しつけることによって取り除き、図5(d)に示すように、微小開口5を形成し、近視野光プローブ1000を得ることができる。

【0060】

以上説明した製造方法によれば、本発明の実施の形態1に係る近視野光プローブ1000を製造することができる。

【0061】

また、上記で説明した製造方法は、シリコンプロセスを用いているため、近視野光プローブ1000を大量に、再現性良く製造することができる。従って、近視野光プローブ1000を安価に提供することができる。

【0062】

また、レバー2を小型化することが容易であるため、近視野光プローブ1000のレバー2の共振周波数を高くし、同時に、バネ定数を小さくすることができる。従って、走査型プローブ顕微鏡20000において、チップ1の先端と試料610との距離制御を安定して行うことができ、かつ、チップ1の先端及び試料610の損傷を抑えることができ、さらに、走査型プローブ顕微鏡20000の走査速度を大きくすることができる。

#### 【0063】

また、透明体101とチップ用マスク104の密着性を制御することによって、任意のチップ1の先端角を得ることができる。従って、チップ先端の先端角を大きくすることによって、微小開口5から照射される近視野光の強度を大きくすることができる。また、チップ1の形成工程を複数回行うことによって、複数のテーパ角を持つチップ1を得ることができる。従って、チップ1の先端角を小さくし、チップ1の途中までのテーパー角を大きくすることによって、凹凸像と光像の高分解能化と近視野光の高発生効率を同時に満たす近視野光プローブ1000を提供することができる。同様に、微小開口5によって試料の微小領域における光学情報を検出するコレクションモードにおいても、検出効率を向上させることができある。

#### 【0064】

また、図4 (b) の上面からみたチップ用マスク104の外形を円や多角形にすることによって、チップ1の形状を円錐または任意の多角錐にすることができる。チップ1が円錐の場合、微小開口5の形状は円となり、近視野光プローブ1000に入射する光の偏光特性を制御することにより、任意の偏光特性をもつ近視野光を微小開口5から照射することができる。

#### 【0065】

また、チップ1の形状が多角錐の場合、微小開口5の形状は、多角形となり、特定方向の偏光方向に大きな強度をもつ光を試料に照射することができる。

#### 【0066】

また、基板102にフレネルレンズのパターンを形成し、フレネルレンズのパターン上にチップ1を形成することや、透明体101の堆積時にチップ1の形成

される部分の透明体101に、屈折率分布を有する部分を形成することや、基板102のチップ1を形成する部分に、レンズ状の凹部を形成し、透明体101を堆積することなどによってチップ1上にレンズを有する近視野光プローブ100を得ることができる。従って、微小開口5から発生する近視野光の強度を大きくすることができる。

#### 【0067】

また、近視野光プローブ1000の製造方法によれば、基部3に複数のレバー2、チップ1、微小開口5を有するマルチカンチレバーを形成することが容易である。マルチカンチレバーによれば、複数のチップ1や微小開口5を同時に走査することができるため、大面積を高速に観察することができる。また、近視野光プローブ1000の製造方法によれば、同様な製造方法によって作製される圧電素子や静電容量型のセンサーをレバー2に集積する事が容易であるため、光てこを用いなくても、レバー2のたわみを検出することができる。

#### 【0068】

また、レバー2を水晶をはじめとする圧電体で構成し、電極を形成することによってもレバー2のたわみを検出することができる。さらに、レバー2が水晶で構成された場合、レバー2のたわみ検出、および／または、レバー2の加振を行うこともできる。

#### (実施の形態2)

図6は、本発明の実施の形態2に係る近視野光プローブ2000の概略図である。近視野光プローブ2000は、本発明の実施の形態1の近視野光プローブ1000の構成要素と、レバー2の先端に設けられ、チップ1側から基部3側に広がり、レバー2と同一の材料からなる傾斜部7からなる。図7は、図6中A-A'で示される部分の断面図である。図7に示すように、傾斜部7は、レバー2の外周にも設けられている。

#### 【0069】

図8は、近視野光プローブ2000のチップ1の近傍が試料6に近接した状態を示した図である。なお、簡単のため遮光膜4は省略している。近視野光プローブ2000は、角度θ1だけ傾いた状態で、試料6に近接している。図8中にお

いて、L1は、(1)式で定義される長さであり、レバーの厚みをT、傾斜部7のテーパー角をθ2とすると、レバー2の長手方向における傾斜部7の長さは、

【0070】

【数6】

$$L2 = T / \tan(90^\circ - \theta2) \quad \cdots (5)$$

となる。したがって、本発明の近視野光プローブ2000は、近視野光プローブ1000よりもL2の長さだけ遮光領域を長くすることが可能になる。

【0071】

傾斜部7以外の近視野光プローブ2000を構成する部分の材料および寸法は、本発明の近視野光プローブ1000とほぼ同じである。

【0072】

近視野光プローブ2000は、走査型プローブ顕微鏡20000の近視野光プローブ1000の代わりに用いることができる。

【0073】

以上説明したように、本発明の近視野光プローブ2000によれば、本発明の実施の形態1よりも、遮光領域を広げることが可能であり、カンチレバー表面での反射による漏れ光による影響が少なくなるため、S/N比の良い光学像を得ることができる。また、近視野光プローブ2000の遮光領域を広げることによって、走査型プローブ顕微鏡20000において、光ファイバー603とレバー2の間隔を広げても漏れ光の影響を受けずに、光学像を得ることができる。さらに、走査型プローブ顕微鏡20000の近視野光プローブ2000への光入射手段がレンズのみによる集光である場合、レンズのNAが小さくても、漏れ光の影響を受けずにS/N比の良い光学像を得ることが可能である。また、一般に、レンズのNAが小さいほど、レンズの焦点距離が長くなり、かつ、レンズの焦点深度が大きくなるため、近視野光プローブ2000とレンズの間隔を大きく取ることができますため、近視野光プローブ2000の位置あわせが容易になり、走査型プローブ顕微鏡20000の操作を簡易化できる。

【0074】

近視野光プローブ2000の製造方法は、近視野光プローブ1000の製造方法とほぼ同様である。近視野光プローブ2000の製造方法において、図5(b)で説明した工程において、ウェットエッティングやドライエッティングによる等方性エッティングを用いることによって、傾斜部7を得ることができる。

#### 【0075】

したがって、近視野光プローブ2000の製造方法によれば、近視野光プローブ1000と同様の効果が得られる。また、近視野光プローブ2000の製造方法によれば、傾斜部7に遮光膜4を形成することは、近視野光プローブ1000のレバー2側面に遮光膜4を形成するよりも容易であるため、近視野光プローブ2000のレバー2側面に対する遮光が容易になる。

#### (実施の形態3)

図9は、本発明の実施の形態3に係る近視野光プローブ3000の概略図であり、走査型プローブ顕微鏡20000に搭載して使用することができる。近視野光プローブ3000は、本発明の実施の形態1の近視野光プローブ1000の構成要素と、レバー2の先端に設けられ、チップ1と反対側にのびる連結部8、および、連結部8からレバー2とほぼ並行に伸びるように形成された、ひさし部9からなる。

#### 【0076】

連結部8、および、ひさし部9は、レバー2と一体に形成されており、同一材料をもちいて形成されている。また、連結部8、および、ひさし部9は、レバー2と別の材料を用いても良く、この場合、連結部8、および、ひさし部9の材料は、走査型プローブ顕微鏡20000における光源601から照射される光の波長に対して、不透明な材料でもよい。

#### 【0077】

図10は、近視野光プローブ3000のチップ1の先端が試料6に近接した状態を示した図である。なお、簡単のため遮光膜4は省略している。近視野光プローブ2000は、角度θ1だけ傾いた状態で、試料6に近接している。図8中ににおいて、L1は、(1)式で定義される長さであり、連結部8の高さをDとするとき、ひさし部9の先端が試料6に接触するときの長さは、L1+L3となり、

【0078】

【数7】

$$L_3 = D / \tan(\theta_1) \quad \dots (6)$$

となる。したがって、本発明の近視野光プローブ3000は、近視野光プローブ1000よりも $L_3$ の長さまで遮光領域を長くすることが可能になる。また、ひさし部9の先端に、本発明の実施の形態2で説明した傾斜部7を付加することによって、さらに遮光領域を広げることができることは、言うまでもない。レバー2とひさし部9との間隔Dは、1~1000 μmである。連結部8、および、ひさし部9以外の構成要素の各寸法は、近視野光プローブ1000と同様である。

【0079】

図11および図12は、近視野光プローブ3000のチップ1部分の斜視図である。近視野光プローブ3000のひさし部9は、図11に示すようにレバー2の先端方向にのみ有っても良いし、図12に示すようにチップ1の周囲を覆うようにしても良い。図12に示す形状によれば、図11の形状に比べ、レバー2の側面方向に対する漏れ光を効率よく遮蔽することができる。

【0080】

以上述べたように、本発明の実施の形態3によれば、近視野光プローブ3000は、本発明の実施の形態2よりも、遮光領域を広げることができ、S/N比の高い光学像を得ることができる。また、傾斜部7を近視野光プローブ3000に適用することによって、さらに遮光領域を広げることができる。

【0081】

図13から図15は、近視野光プローブ3000の製造方法を説明した図である。なお、以下では、図面の上をおもて面、図面の下を裏面と呼ぶ。

【0082】

まず、図13(a)に示すように、基板302上に形成されたマスク301を形成し、TMAHやKOHによる結晶異方性エッチングや、フッ酸と硝酸の混合液をはじめとするエッチャントによる等方性エッチングや、SF<sub>6</sub>をはじめとする反応性ガスを用いた等方性ドライエッチングなどによって、基板302に窪み

304を形成する。基板302の裏面には、マスク材303を形成しておく。マスク301は、二酸化珪素や窒化珪素やフォトレジストなどの誘電体やアルミニウムやクロムなどの金属を用いる。また、基板302は、シリコンやガラスなどの誘電体や、アルミニウムや鉄などの金属を用いる。マスク材303は、二酸化珪素や窒化珪素などの誘電体を用いる。窪み304の深さは、連結部8の高さDとほぼ同じである。

#### 【0083】

次に、マスク301を剥離し、プラズマCVDやスパッタによって、図13（b）に示すように、基板302上に透明体305を形成する。透明体305の厚さは、近視野光プローブ3000のチップ1の高さとレバー2の厚さの和である。

#### 【0084】

次に、透明体305上にチップ用マスク306をフォトリソグラフィーを用いて、図13（c）に示すように形成する。チップ用マスク306は、フォトレジストや窒化珪素などの誘電体を用いる。

#### 【0085】

次に、本発明の実施の形態1の図4（c）から、図5（b）で説明した方法と同様の方法で、図14（a）から図14（c）に示すように、チップ1およびレバー2を形成する。レバー2の形成と同時に、連結部8、および、ひさし部9が形成される。

#### 【0086】

次に、レバー2、連結部8、および、ひさし部9をリリースするために、図15（a）に示すように、おもて面に、リリース用マスク307を形成する。リリース用マスク307は、窒化珪素や二酸化ケイ素であり、プラズマCVDやスパッタによって堆積し、フォトリソグラフィーによってパターニングする。また、裏面のマスク材303をフォトリソグラフィーによってパターニングする。

#### 【0087】

次に、TMAHやKOHによる結晶異方性エッチングによって、図15（b）に示すように、レバー2、連結部8、および、ひさし部9をリリースし、同時に

基部3を形成する。

【0088】

最後に、リリース用マスク307を除去し、遮光膜4をおもて面に形成し、微小開口5をチップ1の先端に形成し、ウエハから取り出すことによって、図15(c)に示すように、近視野光プローブ3000が得られる。また、この工程において、リリース用マスク307を除去しなくても、同様な効果を得られる近視野光プローブ3000を得ることができる。

【0089】

また、図14(b)から図14(c)で説明した、レバー2、連結部8、および、ひさし部9を形成する工程において、フッ酸をはじめとするウエットエッチングやドライエッチングによる等方性エッチングを用いることによって、ひさし部9の先端に傾斜部7を有する近視野光プローブ3000を得ることができる。

【0090】

以上説明した製造方法によれば、近視野光プローブ3000を得ることができ、かつ、シリコンプロセスを用いて製造するため、大量に、性能が均一な走査型プローブ3000を得ることができる。したがって、安価な近視野光プローブ3000を提供することができる。

(実施の形態4)

図3では、近視野光プローブ1000を用いることにより、顕微鏡として機能する基本構造の例を示しているが、より光強度の強い近視野光を微小開口から発生させることで、加工や計測などを可能とする近視野光装置を提供することができる。近視野光プローブ1000の微小開口5から光強度の強い近視野光を発生させるためには、微小開口に光密度の高い光を導入する必要がある。

【0091】

図18に本発明の実施の形態4による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図を示す。基本的には図3に示す走査型プローブ顕微鏡2000の構成と同じであり、同一箇所は図示や説明を省略する。光源(図示省略)からの光622を、鏡筒620に支持された集光レンズ621により微小開口5に集光する。ここで、開口数(NA)の大きな集光レンズ621を用いるほど微小開口

5に光を集光することができるので、より光強度の強い近視野光を発生させることができ。しかし、NAの大きな集光レンズ621は、作動距離(WD)が短くなる。図3で示したように、いわゆる光てこ法を用いてレバーのたわみや振幅の変化を検出する方法においては、WDが短い場合には近視野光プローブ1000上部のスペースが少なく、光てこ用の構成部材や光路と、集光レンズ621や鏡筒620などが干渉して、NAの大きな集光レンズ621を用いることが困難である。

#### 【0092】

例えば光てこ法では、レーザー発振器604から出射した光をミラー623で折り曲げて近視野光プローブ1000のレバーに照射し、その反射光を上下2分割の光電変換部606で検出する。ここで、レーザー発振器604や光電変換部606は、近視野光プローブ1000のレバーと略同一平面内にある。そして、光てこの光路折り曲げ用に用いるミラー623を鏡筒620に取り付け、集光レンズ621とミラー623を一体にして、小型化、省スペース化する。これにより、光てこ用の光路や部材と、集光レンズ621や鏡筒620が干渉することなく、NAの大きな集光レンズ621を用いることが可能となる。

#### 【0093】

さらに、別の構成例を示す。図19に本発明の実施の形態4による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図を示す。近視野光プローブ1000のレバーに対して垂直な断面での構成を示す。ここでは、レーザー発振器604や光電変換部606は近視野光プローブ1000のレバーに略垂直面内にある。このような配置にすれば、近視野光プローブ1000やそのホルダーなどに干渉することなく、レーザー発振器604や光電変換部606を試料面に近づけ、レバーに対して大きな入射角でレーザー発振器604からの光を反射させることができる。このような構成でも、従来と同様にレバーのたわみや振動振幅の変化を検出可能である。そして、光路と集光レンズ621とが干渉することなく、多きNAの集光レンズ621を用いることが可能となる。

#### 【0094】

さらに、別の構成例として、図20に本発明の実施の形態4による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図を示す。近視野光プローブ1000のレバーに対して垂直な断面での構成を示す。ここでは、レーザー発振器604や光電変換部606は近視野光プローブ1000のレバーに略垂直面内にある。このような配置にすれば、近視野光プローブ1000やそのホルダーなどに干渉することなく、レーザー発振器604や光電変換部606を試料面に近づけ、レバーに対して大きな入射角でレーザー発振器604からの光を反射させることができる。このような構成でも、従来と同様にレバーのたわみや振動振幅の変化を検出可能である。そして、光路と集光レンズ621とが干渉することなく、多きNAの集光レンズ621を用いることが可能となる。

ロープを用いた近視野光装置の一部の構成図を示す。これも図19と同様に、レーザー発振器604や光電変換部606は、近視野光プローブ1000のレバーに略垂直面内にある。ここでは、レーザー発振器604からの光をレバーで反射させるのではなく、レバーを通してその回折光を光電変換部606で検出する。このような構成でも、従来と同様にレバーのたわみや振動振幅の変化を検出可能である。よって、図19と同様の効果を得ることができる。

#### 【0095】

さらに、別の構成例として、図21に本発明の実施の形態4による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図を示す。ここでは、チップ上にレンズ637を形成した近視野光プローブ1000を用いる。この近視野光プローブ1000を用いれば、集光レンズ638のNAが小さくても、集光レンズ638とレンズ637からなる複合レンズ系としてのNAを大きくすることができる。よって、WDの長い集光レンズ638と、通常の光でこの構成を用いても、微小開口5に光を集光することができ、微小開口5から大きな強度の近視野光を出射することができる。

#### 【0096】

以上示した実施の形態により、微小開口5に光密度の高い光を照射し、それによる光強度の強い近視野光を用いて、加工や精度の高い計測などを行う近視野光装置を提供することができる。

#### (実施の形態5)

図22に本発明の実施の形態5による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図を示す。基本的には図3に示す走査型プローブ顕微鏡20000の構成と同じであり、同一箇所は図示や説明を省略する。光源(図示省略)からの光を、光ファイバーからなる導入ファイバー630で近視野光プローブ1000近傍まで伝搬させ、導入ファイバー630先端に設けたレンズ631で集光して微小開口5に導入する。先端にレンズ631を設けた導入ファイバー630は、通常の光ファイバーの先端を研磨することにより、容易に作製することができる。この構造により、微小開口5に集光した光を導入できるため、微小開口5から強度の強い近視野光を出射することができる。さらに、導入ファイバー630

とレンズ631を用いているため、顕微鏡の対物レンズなどより非常にコンパクトで軽量化することができる。そのため、通常の光でこの構成を用いても部材や光路の干渉なく、レバーのたわみや振動振幅の変化を検出することができることは言うまでもない。

## 【0097】

本実施の形態では、さらに、近視野光プローブ1000と導入ファイバー630をファイバーホルダー632とプローブホルダー633を用いて一体化し、微動機構634で微動させる。近視野光プローブ1000および導入ファイバー630が共に小型軽量であるため、一体化しても小型軽量で、微動機構634による高速な移動が可能となる。近視野光プローブ1000のレバーのたわみや振動振幅の変化を検出するためには、小型軽量化が可能なように、ファイバーホルダー632に支持された干渉検出ファイバー635を用いる。干渉検出ファイバー635は通常の光ファイバーであり、干渉検出ファイバー635の出射端はレバーに近接して支持される。干渉検出ファイバー635の出射端からの光が、レバーの反射面で反射して再び干渉検出ファイバー635に戻ってくる。この戻り光強度の変化を干渉検出ファイバー635の他端で検出することにより、レバーのたわみや振動振幅の変化などを検出することができる。

## 【0098】

このような構成にすることで、本実施の形態では、近視野光プローブ1000と微小開口5への光導入光学系、レバーの変位検出系などを一体化し、小型軽量にすることができる。そのため、微小開口5からの近視野光強度を大きくした状態で、近視野光プローブ1000を微動させることができる。よって、大面積の試料への対応や、高速走査などが可能となる。本実施の形態では、干渉検出ファイバー635を用いたが、例えば静電容量センサなどを用いても小型軽量化できることで、同様の効果が得られることは言うまでもない。

## 【0099】

実施の形態4や5に述べた内容は、光でこの法を用いなくても、近視野光プローブ1000がレバーのたわみや振動振幅の検出機能を有している場合には、大きなNAの集光レンズを用いることが容易となるだけでなく、より小型軽量化でき

るため望ましいことは言うまでもない。例えば、レバーに圧電薄膜を積層形成することで、レバーのたわみを検出することも可能となる。

## 【0100】

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の実施の形態1によれば、微小開口の上部が透明体で充填された構造であるため、微小開口に異物が侵入することがない。したがって、近視野光プローブから発生する近視野光の強度が安定する。

## 【0101】

また、入射光または／および検出光の波長に対して透明な材料によって充填されたチップによって、チップの耐衝撃性や、耐摩耗性が向上する。

## 【0102】

また、チップを構成する材料の屈折率は、空気よりも大きいため、チップ内を伝搬する光の波長が空气中よりも短くなる。したがって、空气中を伝搬して微小開口を透過する場合よりも、微小開口を透過する光量が多くなるため、微小開口から照射される近視野光の強度を大きくすることができる。

## 【0103】

また、チップをダイヤモンドによって形成することによって、チップの耐摩耗性が向上し、さらに、屈折率が高いため微小開口から照射される近視野光の強度を大きくすることができる。

## 【0104】

また、チップの先端が遮光膜の端面よりも突出した構造である場合、チップの先端半径が小さいため、走査型プローブ顕微鏡の凹凸像や光像の解像度を向上させることができる。

## 【0105】

また、チップの先端が遮光膜の端面よりも突出した構造の場合、チップの先端と微小開口の中心位置が一致するため、凹凸像と光像の位置ずれが非常に小さい。また、近視野光プローブが(4)式をみたすL1を持つ場合、チップの先端が常に試料と接触し、かつ、入射光または／および検出光以外の漏れ光を完全に遮光することができるため、凹凸像と光像を安定して取得することができる。

## 【0106】

また、近視野光プローブに光を入射または／および近視野光プローブから光を検出するためのレンズのNAを大きくしても、レバーが透明体であるため、チップに入射または／およびチップから検出する光のケラレがないため、効率良く微小開口まで入射光を導くこと、または／および微小開口から検出光を検出することができ、微小開口から照射される近視野光の発生効率および／または微小開口における検出効率を大きくすることができる。

## 【0107】

また、透明体であるレバーおよびチップを伝搬して微小開口から近視野光を発生させる、または／および、微小開口において試料の光学情報を検出する近視野光プローブは、入射光の波長に対して透過率の高い波長領域が広い。したがって、分光分析などの応用分野に走査型プローブ顕微鏡を使用することができる。

## 【0108】

また、強度の大きな近視野光を発生させることができるために、フォトリソグラフィー、光造形、光CVD、熱的加工などに必要なエネルギー密度を持つ近視野光を照射することができ、光加工装置として走査型プローブ顕微鏡を用いることができ、同時に、凹凸像の分解能の高い近視野光プローブを用いて加工形状の観察を行うことができる。分光分析や加工装置としての走査型プローブ顕微鏡は、近視野光プローブから発生する近視野光の強度、または／および、微小開口における光情報の検出効率が大きいため、分析や加工にかかる時間を短くすることができる。

## 【0109】

また、近視野光プローブをマルチカンチレバーにすることによって、大面積を短時間で分析、加工することができる。

## 【0110】

また、本発明の実施の形態1に係る近視野光プローブの製造方法によれば、近視野光プローブを製造することができる。また、上記で説明した製造方法は、シリコンプロセスを用いているため、近視野光プローブを大量に、再現性良く製造することができる。従って、近視野光プローブを安価に提供することができる。

## 【0111】

また、レバーを小型化することが容易であるため、近視野光プローブのレバーの共振周波数を高くし、同時に、バネ定数を小さくすることができる。従って、走査型プローブ顕微鏡において、チップの先端と試料との距離制御を安定して行うことができ、かつ、チップの先端及び試料の損傷を抑えることができ、さらに、走査型プローブ顕微鏡の走査速度を大きくすることができる。

## 【0112】

また、透明体とチップ用マスクの密着性を制御することによって、任意のチップの先端角を得ることができる。従って、チップ先端の先端角を大きくすることによって、微小開口から照射または／および検出される近視野光の強度を大きくすることができる。

## 【0113】

また、チップの形成工程を複数回行うことによって、複数のテーパ角を持つチップを得ることができる。従って、チップの先端角を小さくし、チップの途中までのテーパー角を大きくすることによって、凹凸像と光像の高分解能化と近視野光の高発生効率を同時に満たす近視野光プローブを提供することができる。

## 【0114】

また、図4（b）の上面からみたチップ用マスクの外形を円や多角形にすることによって、チップの形状を円錐または任意の多角錐にすることができる。チップが円錐の場合、微小開口の形状は円となり、近視野光プローブに入射する光の偏光特性を制御することにより、任意の偏光特性をもつ近視野光を微小開口から照射することができる。

## 【0115】

また、チップの形状が多角錐の場合、微小開口の形状は、多角形となり、特定方向の偏光方向に大きな強度をもつ光を試料に照射することができる。

## 【0116】

また、基板にフレネルレンズのパターンを形成し、フレネルレンズのパターン上にチップ1を形成することや、透明体の堆積時にチップの形成される部分の透明体に、屈折率分布を有する部分を形成することや、基板のチップを形成する部

分に、レンズ状の凹部を形成し、透明体を堆積することなどによってチップ上にレンズを有する近視野光プローブを得ることができる。従って、微小開口から発生する近視野光の強度を大きくすることができる。

## 【0117】

また、近視野光プローブの製造方法によれば、基部に複数のレバー、チップ、微小開口を有するマルチカンチレバーを形成することが容易である。マルチカンチレバーによれば、複数のチップや微小開口を同時に走査することが可能であるため、大面積を高速に観察することができる。

## 【0118】

また、近視野光プローブの製造方法によれば、同様な製造方法によって作製される圧電素子や静電容量型のセンサーをレバーに集積する事が容易であるため、光てこを用いなくても、レバーのたわみを検出することができる。また、レバーを水晶をはじめとする圧電体で構成し、電極を形成することによってもレバーのたわみを検出することができる。さらに、レバーが水晶で構成された場合、レバーのたわみ検出、および／または、レバーの加振を行うこともできる。

## 【0119】

また、本発明の実施の形態2によれば、本発明の実施の形態1よりも、遮光領域を広げることが可能であり、カンチレバー表面での反射による漏れ光による影響が少なくなるため、S/N比の良い光学像を得ることができる。

## 【0120】

また、近視野光プローブの遮光領域を広げることによって、走査型プローブ顕微鏡において、光ファイバーとレバーの間隔を広げても漏れ光の影響を受けずに、光学像を得ることができる。さらに、走査型プローブ顕微鏡の近視野光プローブへの光入射または／および近視野光プローブからの検出手段がレンズのみによる集光である場合、レンズのNAが小さくても、漏れ光の影響を受けずにS/N比の良い光学像を得ることが可能である。

## 【0121】

また、一般に、レンズのNAが小さいほど、レンズの焦点距離が長くなり、かつ、レンズの焦点深度が大きくなるため、近視野光プローブとレンズの間隔を大

きく取ることができるため、近視野光プローブの位置あわせが容易になり、走査型プローブ顕微鏡の操作を簡易化できる。

【0122】

また、本発明の実施の形態2で説明した製造方法によれば、本発明の実施の形態2の近視野光プローブ2000を容易に製造でき、実施の形態1で説明した製造方法と同様の効果が得られる。また、実施の形態2の近視野光プローブ製造方法によれば、傾斜部に遮光膜を形成することは、実施の形態1の近視野光プローブのレバー側面に遮光膜を形成するよりも容易であるため、実施の形態2の近視野光プローブのレバー側面に対する遮光が容易になる。

【0123】

また、本発明の実施の形態3によれば、近視野光プローブは、本発明の実施の形態2よりも、遮光領域を広げることができ、S/N比の高い光学像を得ることができる。また、実施の形態2で説明した傾斜部を実施の形態3の近視野光プローブに適用することによって、さらに遮光領域を広げることができる。

【0124】

また、本発明の実施の形態3による製造方法によれば、実施の形態3で説明した近視野光プローブを得ることができ、かつ、シリコンプロセスを用いて製造するため、大量に、性能が均一な近視野光プローブを得ることができる。したがって、安価な近視野光プローブを提供することができる。

【0125】

また、本発明の実施の形態4によれば、光てこ法や同様の方法を用いてレバーのたわみや振動振幅の変化を検出すると共に、NAの大きな集光レンズを用いることができるため、微小開口に光密度の高い光を導入でき、微小開口から出射される近視野光強度を大きくすることができる。よって、本発明の近視野光装置は、観察に用いる顕微鏡としてだけではなく、S/Nの高い計測や加工などの用途にも使用可能となる。

【0126】

また、本発明の実施の形態5によれば、微小開口への光導入系や、レバーのたわみや振動振幅の変化検出系を小型軽量にできるため、近視野光プローブとそれ

らを一体化して、高速に微動させることができる。そのため、近視野光プローブを用いて大面積の試料を観察測定することや、近視野光プローブを高速走査することなどが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1による近視野光プローブを示す構成図である。

【図2】

本発明の実施の形態1による近視野光プローブのチップが試料と近接した状態を示す図である。

【図3】

本発明の実施の形態1による近視野光プローブを用いた走査型プローブ顕微鏡を示す構成図である。

【図4】

本発明の実施の形態1による近視野光プローブの製造方法を示す図である。

【図5】

本発明の実施の形態1による近視野光プローブの製造方法を示す図である。

【図6】

本発明の実施の形態2による近視野光プローブを示す構成図である。

【図7】

本発明の実施の形態2による近視野光プローブを示す断面図である。

【図8】

本発明の実施の形態2による近視野光プローブのチップが試料と近接した状態を示す図である。

【図9】

本発明の実施の形態3による近視野光プローブを示す構成図である。

【図10】

本発明の実施の形態3による近視野光プローブのチップが試料と近接した状態を示す図である。

【図11】

本発明の実施の形態3による近視野光プローブの先端部分を示す斜視図である

【図12】

本発明の実施の形態3による近視野光プローブの先端部分を示す斜視図である

【図13】

本発明の実施の形態3による近視野光プローブの製造方法を示す図である。

【図14】

本発明の実施の形態3による近視野光プローブの製造方法を示す図である。

【図15】

本発明の実施の形態3による近視野光プローブの製造方法を示す図である。

【図16】

本発明の従来例である光ファイバープローブを示す構成図である。

【図17】

本発明の従来例であるSNOM用プローブを示す構成図である。

【図18】

本発明の実施の形態4による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部を示す構成図である。

【図19】

本発明の実施の形態4による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部を示す構成図である。

【図20】

本発明の実施の形態4による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部を示す構成図である。

【図21】

本発明の実施の形態4による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部を示す構成図である。

【図22】

本発明の実施の形態5による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部を

示す構成図である。

【符号の説明】

1 チップ

2 レバー

3 基部

4 遮光膜

5 微小開口

6 試料

7 傾斜部

8 連結部

9 ひさし部

H チップの高さ

$\theta_1$  カンチレバーの傾斜角度

R1 入射光のスポット径または／および微小開口によって検出した光を検出  
器に集光するレンズのカンチレバー上でのスポット径

L1 チップの中心からカンチレバーの自由端までの距離

604 レーザー発振器

606 光電変換部

621 集光レンズ

630 導入ファイバー

631 レンズ

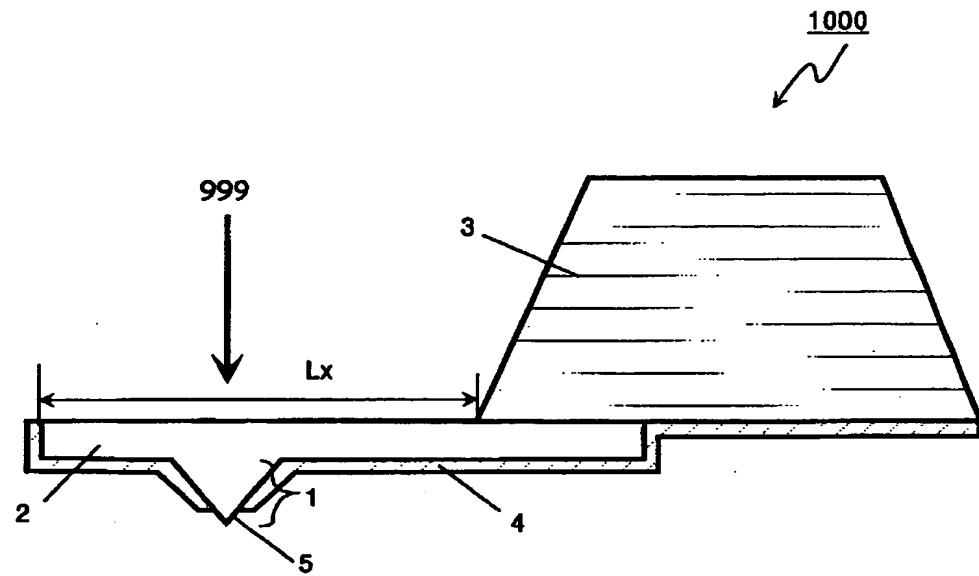
635 干渉検出ファイバー

1000、2000、3000 近視野光プローブ

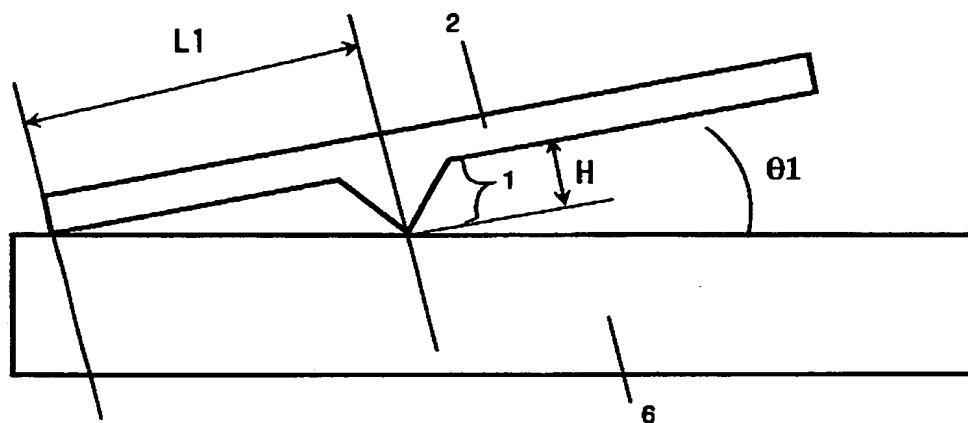
20000 走査型プローブ顕微鏡

【書類名】 図面

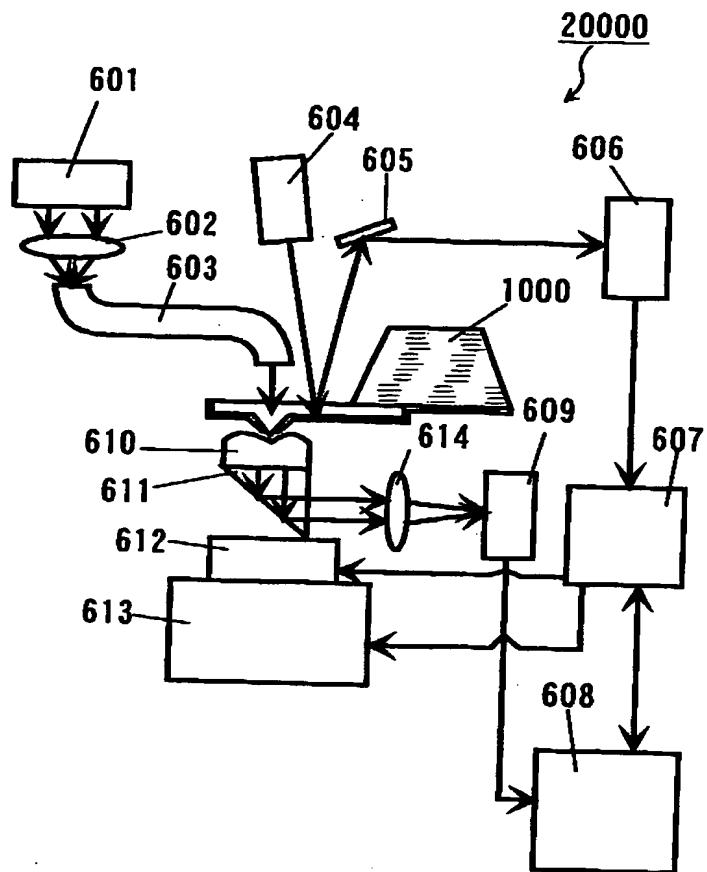
【図1】



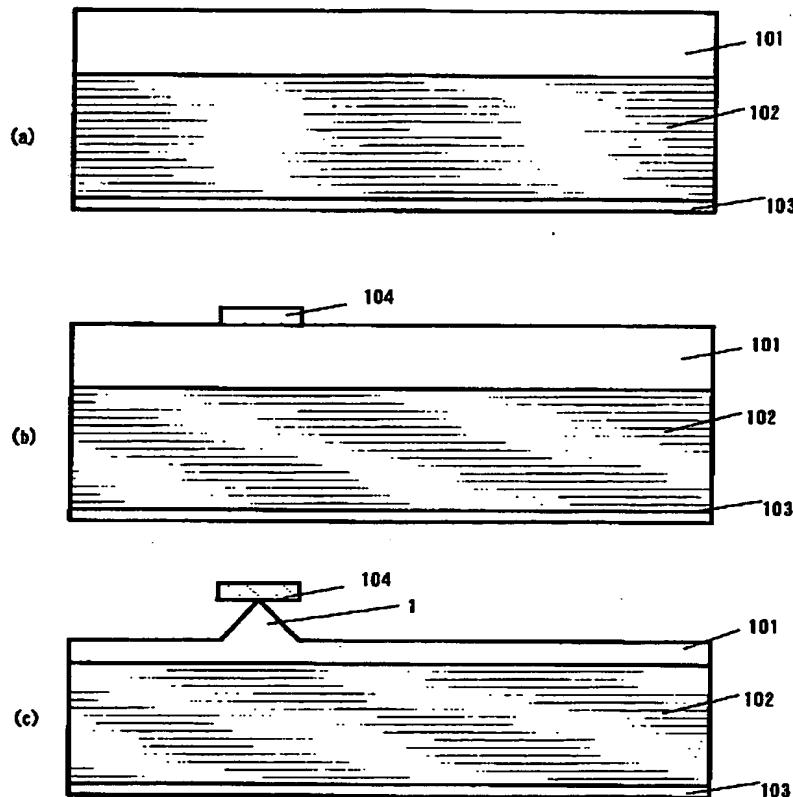
【図2】



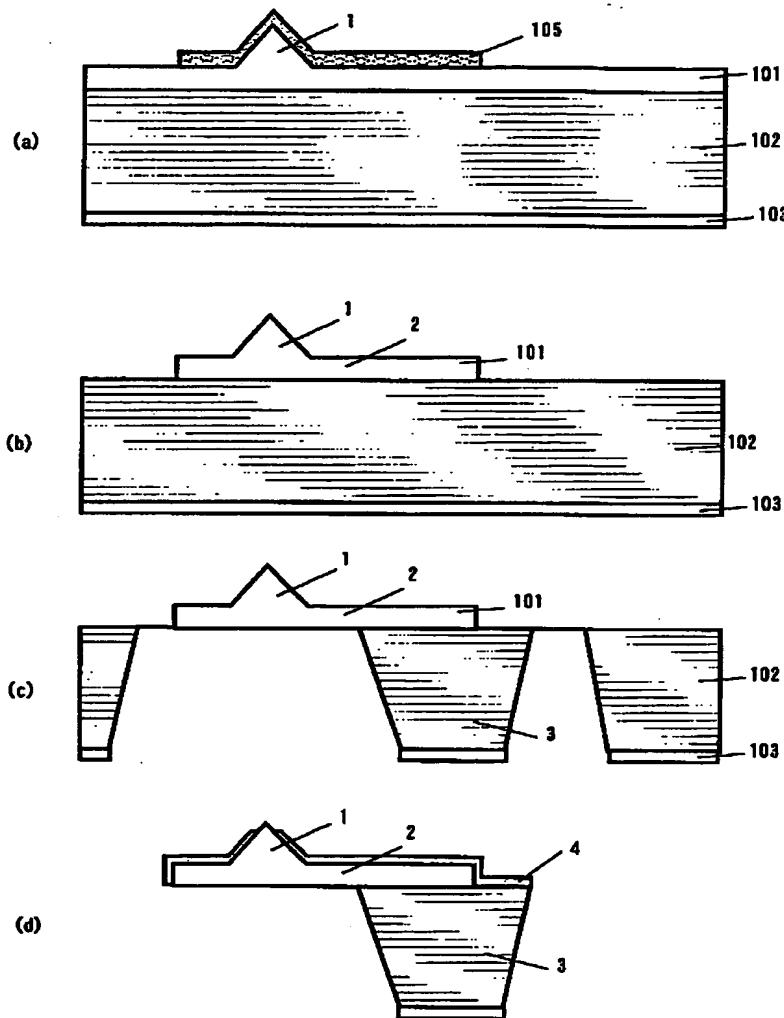
【図3】



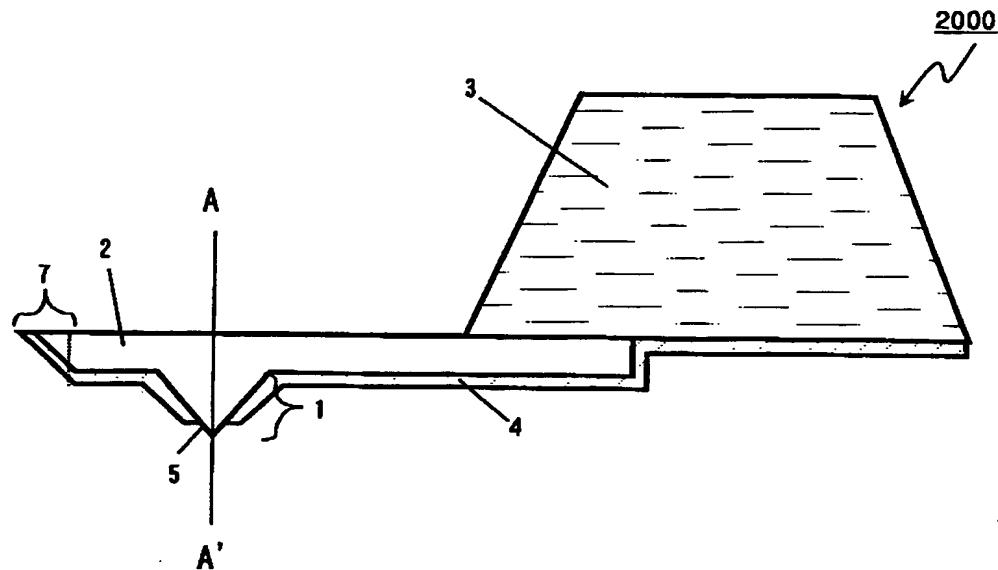
【図4】



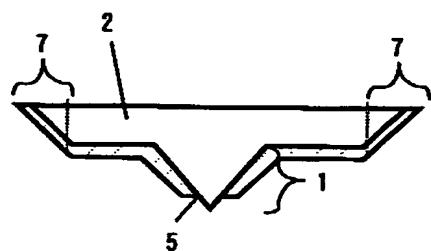
【図5】



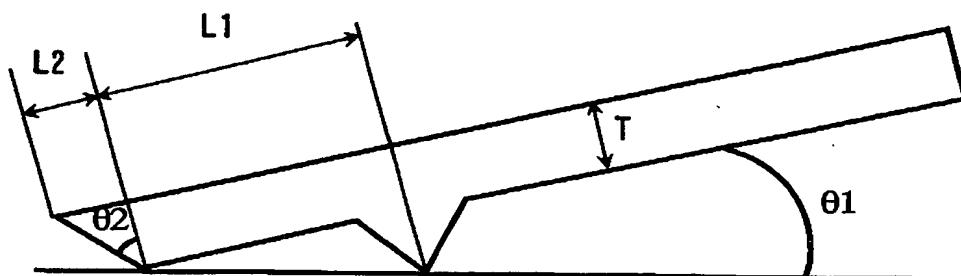
【図6】



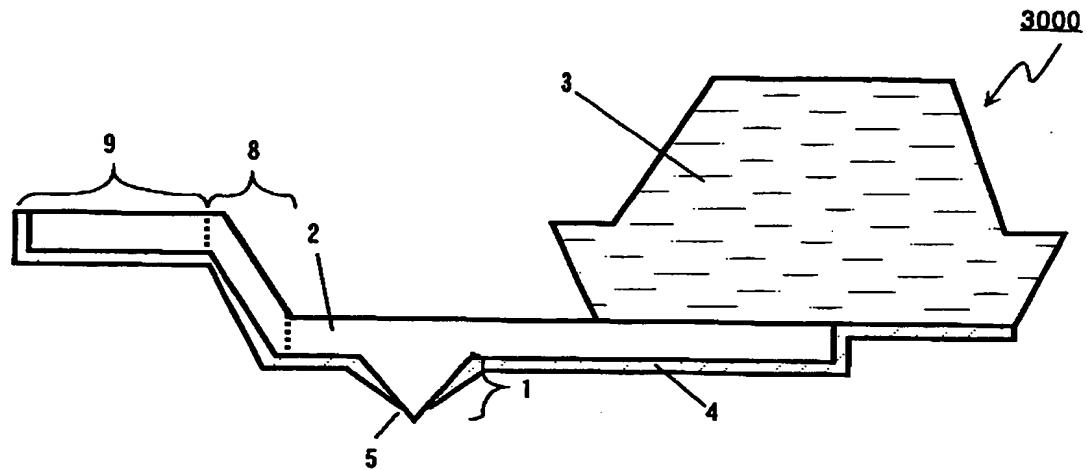
【図7】



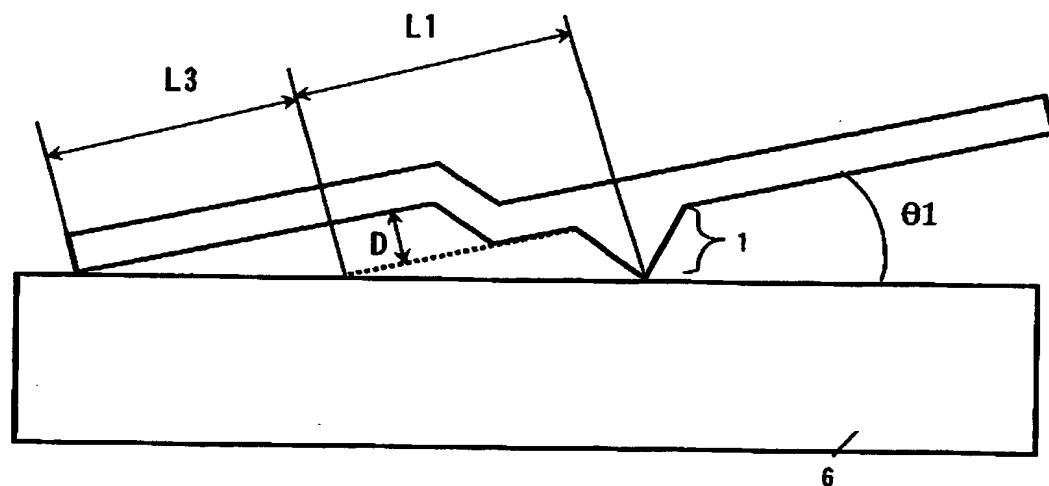
【図8】



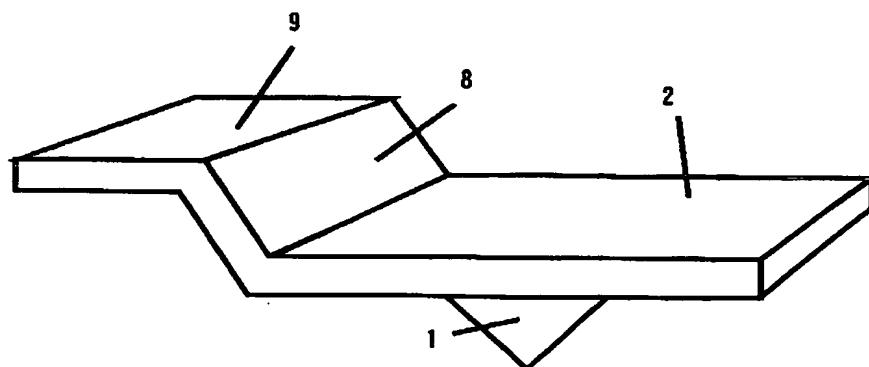
【図9】



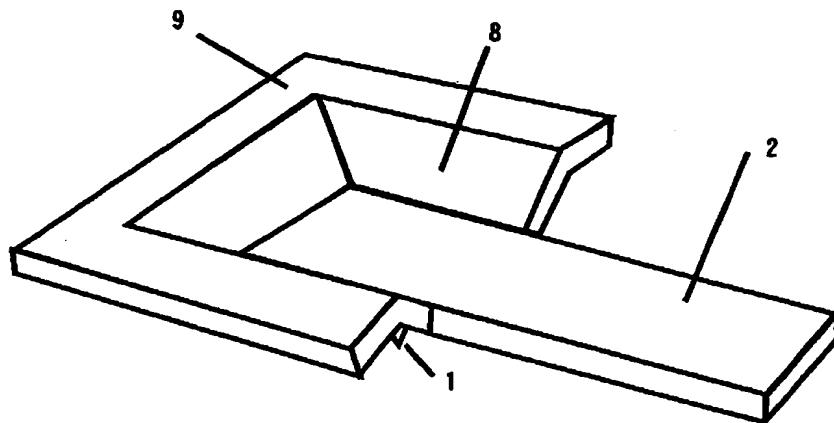
【図10】



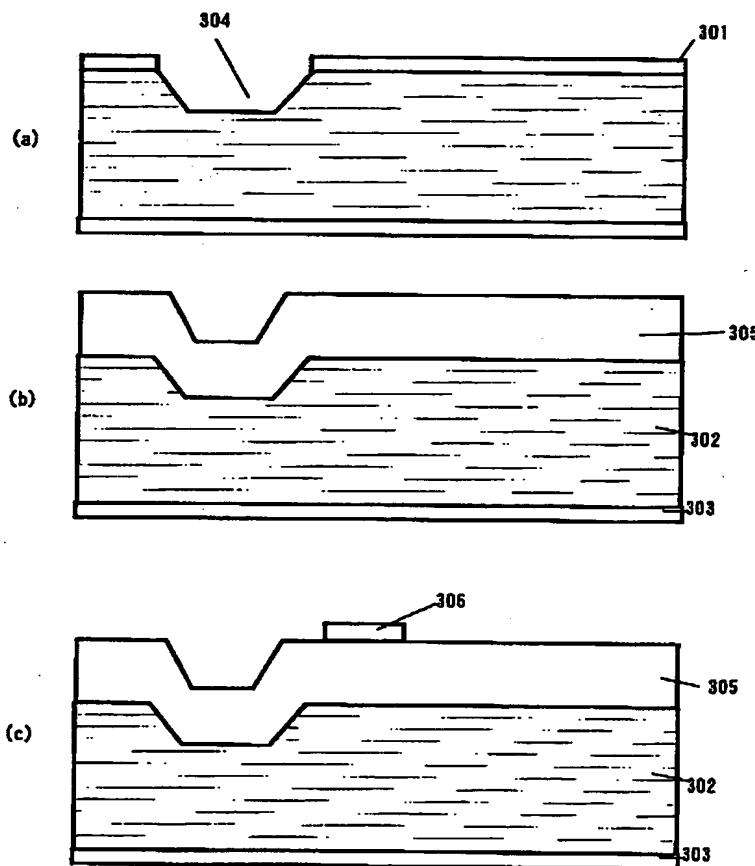
【図11】



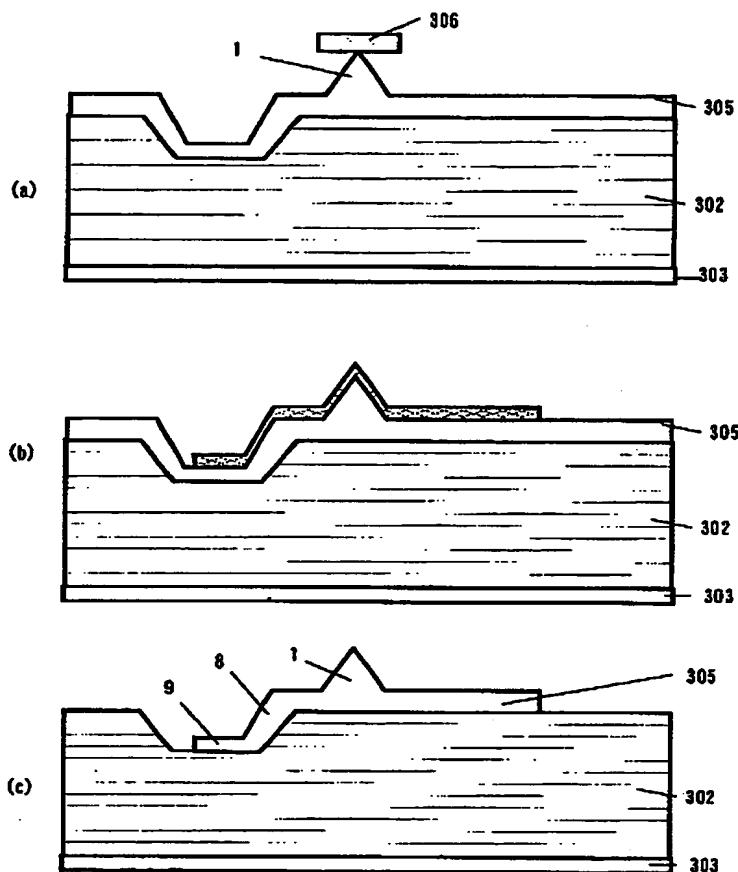
【図12】



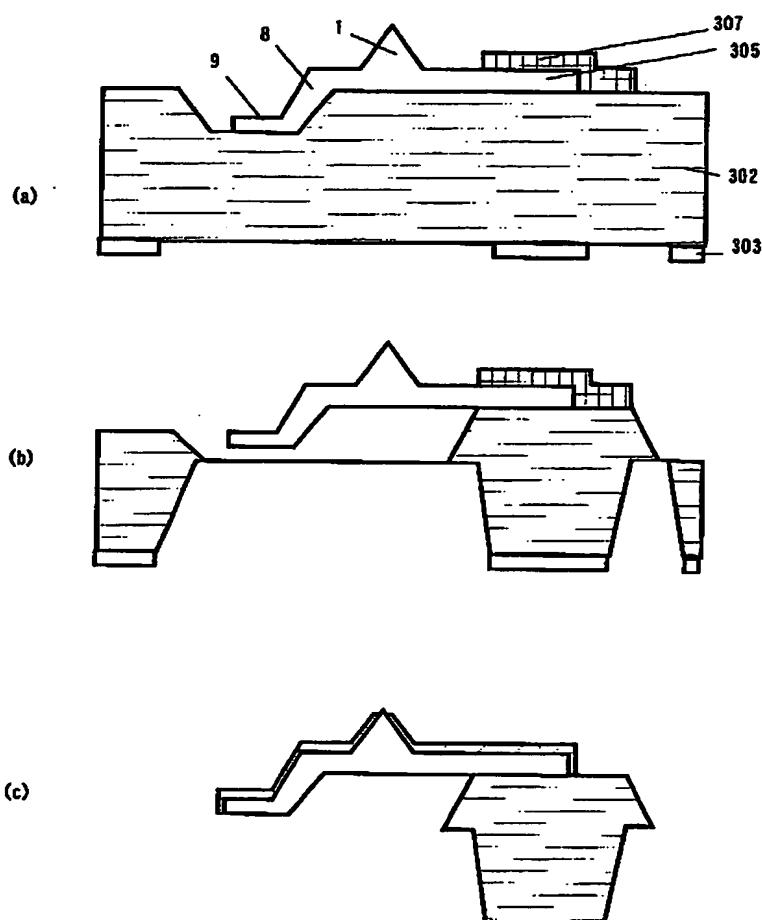
【図13】



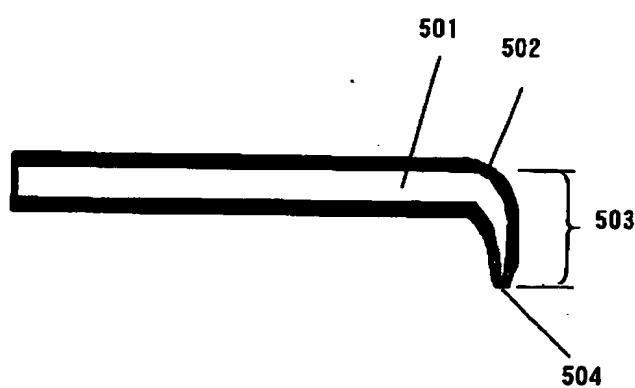
【図14】



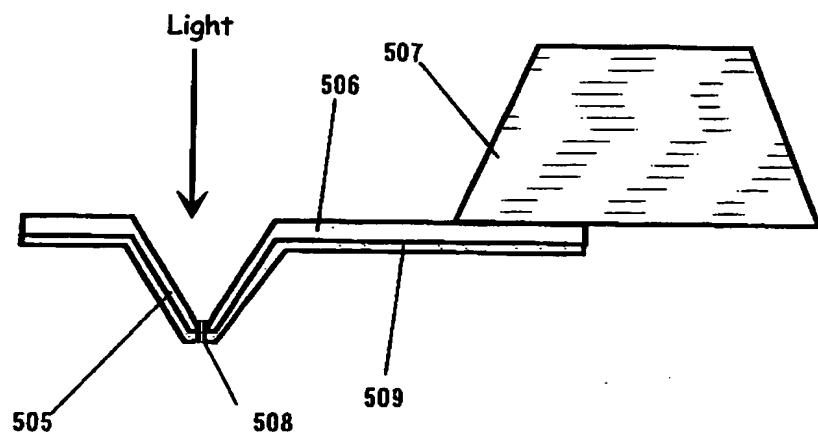
【図15】



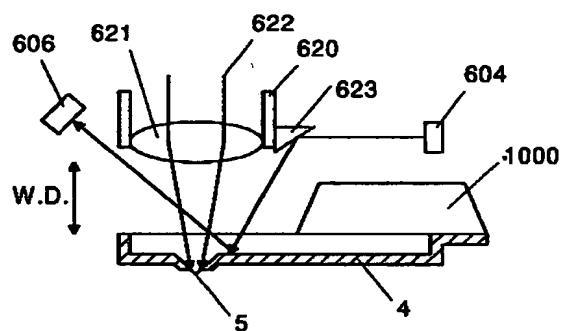
【図16】



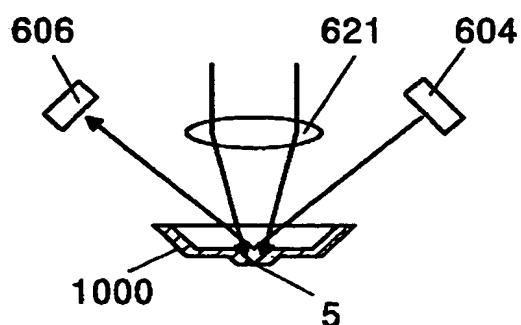
【図17】



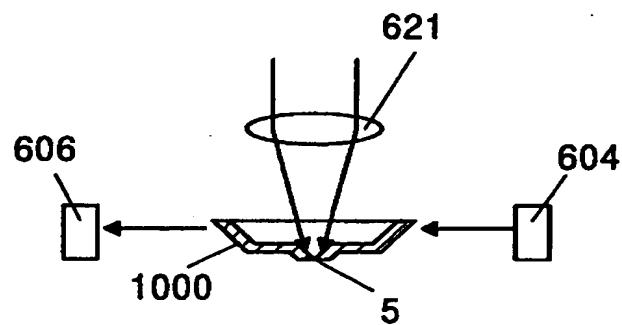
【図18】



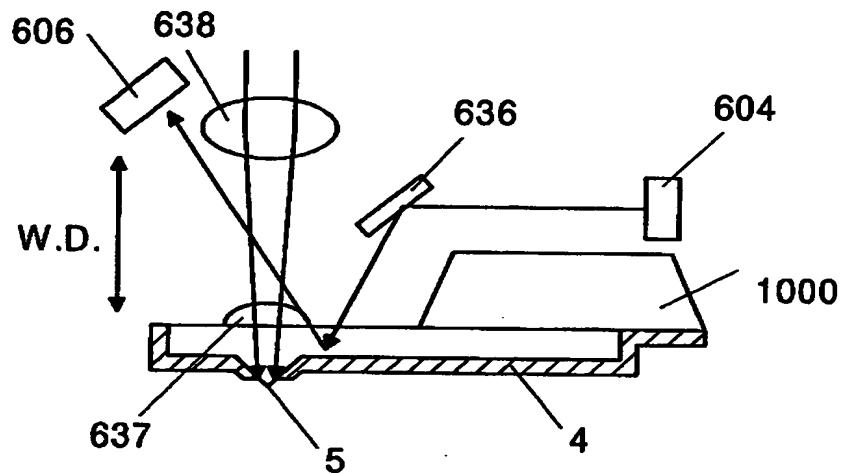
【図19】



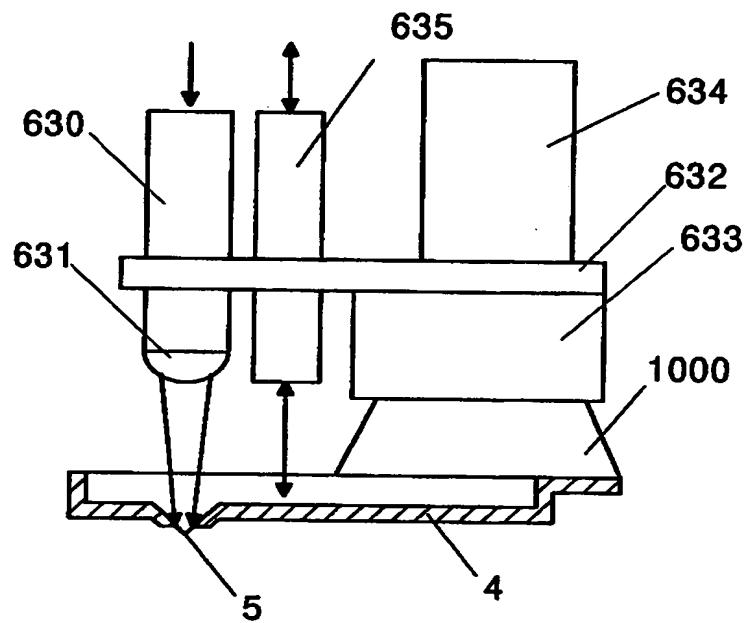
【図20】



【図21】



【図22】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 強度の大きな近視野光を照射または／および検出することができ、S／N比の大きな光学像を取得することができる近視野光プローブ、および、その製造方法や近視野光装置を得ること。

【解決手段】 近視野光プローブ1000は、片持ち梁状のカンチレバー2と、カンチレバー2を支持する基部3と、カンチレバー2上に形成された錘状のチップ1と、チップ1の先端に形成された微小開口5と、カンチレバー2の基部3とは反対側の面と、チップ1の微小開口5以外の部分に形成された遮光膜4からなり、チップ1とカンチレバー2が、微小開口5において発生および／あるいは検出する光の波長に対して透過率の高い透明材料を用いて形成され、チップ1が透明材料で充填されている構成とする。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-130826
受付番号	50000548269
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成12年 5月 8日

＜認定情報・付加情報＞

【特許出願人】

【識別番号】	000002325
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
【氏名又は名称】	セイコーインスツルメンツ株式会社

【代理人】

【識別番号】	100096286
【住所又は居所】	千葉県松戸市千駄堀1493-7 林特許事務所
【氏名又は名称】	林 敬之助

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日 1997年 7月23日

[変更理由] 名称変更

住 所 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地  
氏 名 セイコーインスツルメンツ株式会社